

Cybergeo : European Journal of Geography

Environment, Nature, Landscape

2011

571

Les étiages : définitions hydrologique, statistique et seuils réglementaires

Low flows: hydrological aspects, statistical definition and regulatory framework

CLAIRE LANG DELUS

Abstracts

FrançaisEnglish

Dans un contexte où les pressions exercées sur les milieux aquatiques ne cessent d'augmenter, la connaissance des débits d'étiage constitue un enjeu majeur pour une gestion cohérente de la ressource en eau. En France, la loi sur l'eau de 1992 fixe le débit moyen mensuel minimum de l'année (QMNA) comme débit de référence pour les étiages, mais dans la pratique, cette valeur est largement complétée par d'autres indicateurs. Cet article propose une synthèse des définitions hydrologique et statistique de l'étiage, ainsi qu'un inventaire des différents seuils de référence fixés dans le cadre de la gestion de l'eau pendant les périodes de sécheresse.

The availability of water will be a critical issue in the future and a better monitoring of water resources is a priority. The calculation of low flow characteristics constitutes a basic requirement of water resources assessment. According to the French water law, the Mean Monthly Annual Minimum discharges (MMAM) is used to summarize and to assess low flow. In fact, other indices can also be used to manage water resources during drought period and a broad range of different low flow indicators are available. This paper intends to review the variety of low flow definitions, indicators and regulatory thresholds.

Index terms

Mots-clés : débit caractéristique d'étiage, étiage, impact anthropique, réglementation, ressources en eau, sécheresse, seuils, statistique

Keywords : anthropogenic influence, drought, low flow frequency, low flow indices, regulatory framework, thresholds, water resources

Full text

Introduction

- 1 Les travaux sur les crues ont par le passé été prédominants dans l'analyse des extrêmes hydrologiques, mais les pressions sur la ressource en eau et les incertitudes liées au changement climatique suscitent depuis quelques années un intérêt croissant pour l'analyse des étiages. Sur le plan réglementaire, différentes mesures ont été prises pour améliorer la gestion de la ressource en eau, en partie suite à l'événement exceptionnel de 2003. Au niveau national, ces mesures se traduisent notamment par la mise en place des « Plans Cadres Sécheresse ». Par ailleurs, la « Directive Cadre Européenne » a instauré une gestion cohérente et réglementée des milieux aquatiques à l'échelle des districts hydrographiques européens, en fixant des objectifs qualitatif et quantitatif à atteindre d'ici 2015. Dans ce contexte, la connaissance des débits d'étiage constitue un enjeu majeur qu'il s'agit de mettre en relation avec les différents usages de l'eau. La caractérisation des étiages se heurte cependant à une difficulté de définition.

De la difficile définition de l'étiage

- 2 Si les crues constituent des épisodes clairement définis, les étiages sont des phénomènes plus complexes à décrire et leur genèse particulièrement longue les rend difficiles à identifier.

Une acception large

- 3 Etymologiquement, « étiage » aurait été dérivé du mot « étier », terme qui désigne le canal qui amène l'eau de mer aux marais salants (Dacharry, 1996). L'étiage correspondait donc à l'état d'un étier après le retrait des eaux. Une seconde étymologie, recensée dans le Littré (1972), indique que le mot étiage pourrait renvoyer au terme latin « *aestas* » (été) donnant l'interprétation suivante : *"le niveau de l'été pour une rivière"*.
- 4 Les définitions actuelles de ce terme sont nombreuses et parfois vagues, même si l'on se réfère à un dictionnaire spécifique d'hydrologie. Si les définitions renvoient toujours à l'idée d'indigence, le contexte temporel du phénomène n'est par exemple pas toujours établi. Le Glossaire International d'Hydrologie (1992) décrit l'étiage comme le *"plus bas niveau atteint par un cours d'eau ou un lac"*, sans précision temporelle, alors que le Dictionnaire français d'hydrologie de surface (Roche, 1986) inscrit cet événement dans un

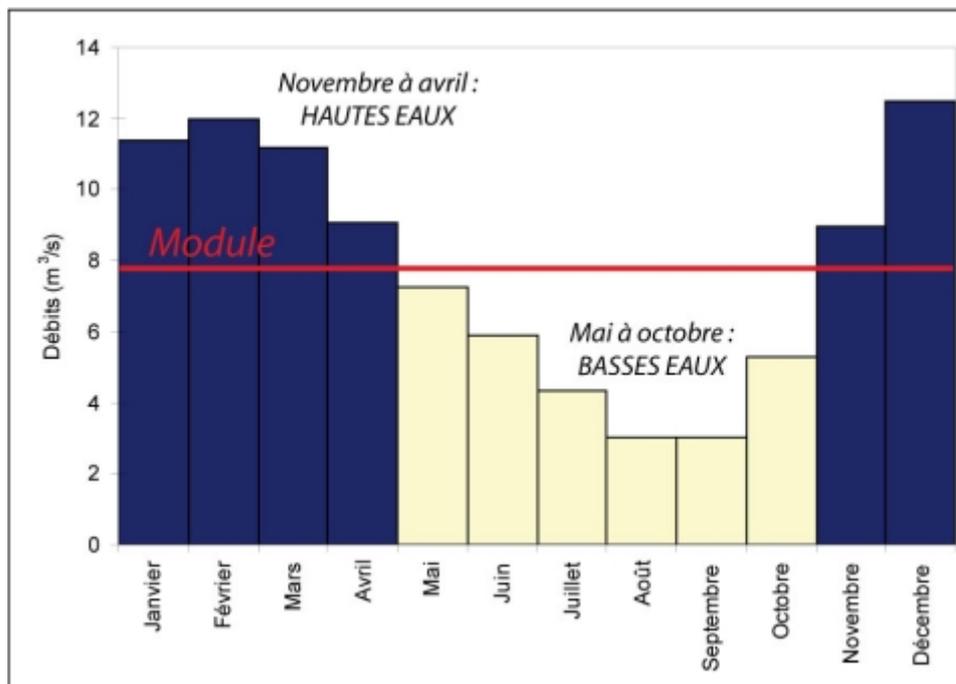
contexte annuel : "niveau annuel le plus bas atteint par un cours d'eau en un point donné".

- 5 En fait, une acception large du terme étiage se justifie pleinement dans la mesure où, dans la pratique, les précisions sont apportées par les définitions statistiques de l'étiage qui réalisent la synthèse entre les différentes variables descriptives de ce phénomène (cf. II).

Un amalgame entre étiage et basses eaux

- 6 Si l'idée de niveau bas ou de bas débits est communément reprise, on note parfois une confusion entre l'étiage et les basses eaux, ces dernières correspondant à la période où le débit du cours d'eau est inférieur à son module (fig. 1). Dans le Dictionnaire simplifié de la géographie, l'étiage est par exemple directement assimilé aux basses eaux : "Période de basses eaux. Synonyme de maigre" (Saffache, 2003). Une distinction claire entre ces deux termes doit pourtant être faite et en ce sens, la définition de l'étiage proposée par M. Dacharry (1996) satisfait particulièrement : "Débit exceptionnellement faible d'un cours d'eau, qu'il ne faut pas confondre avec les basses eaux saisonnières, même s'il en est l'exacerbation".

Figure 1 : Régime hydrologique de la Meurthe à Saint-Dié (1971-2003), d'après les données de la Banque HYDRO



Les basses eaux correspondent par définition à la période où le débit du cours d'eau est inférieur à son module

- 7 Les hydrologues qui se sont intéressés aux étiages apportent généralement des éléments de précision afin d'éviter cet amalgame. Ainsi, M. Pardé (1963) parle de "maigres prononcés", R. Frécaut (1967) rappelle que "les étiages ou maigres prononcés se différencient [...] des basses eaux ordinaires et annuelles", et M. Rochefort (1969) caractérise les étiages par "une baisse de niveau plus considérable que celle qui caractérise les basses eaux moyennes". Ces définitions soulignent en fin de compte le caractère plus exceptionnel que revêtent les débits d'étiage, ce qui les distingue des débits de basses eaux.

L'étiage, un événement exceptionnel ? La notion de sévérité pour y répondre

- 8 I. Abi-Zeid et B. Bobée (1999) considèrent qu'*"un étiage peut être la conséquence d'une sécheresse hydrologique, mais à l'inverse de celle-ci, il n'est généralement pas considéré comme un événement exceptionnel"*. Il est donc nécessaire de pouvoir caractériser la sévérité d'un étiage afin d'identifier les événements exceptionnels. Cette étape est généralement réalisée par le biais d'une analyse statistique qui permet d'assigner à un étiage une durée de retour. L'association assez naturelle entre les termes « étiage » et « sécheresse » ne se justifie donc pas de manière systématique, car seuls les étiages les plus sévères sont générés par des situations de sécheresse atmosphérique, c'est-à-dire un important déficit pluviométrique.
- 9 Ainsi, si l'étiage est souvent décrit comme un état, certaines définitions apportent des précisions quant aux processus associés à leur genèse. Dans le Dictionnaire de la géographie (2000), P. George et F. Verger désignent l'étiage comme une *"période pendant laquelle les débits sont très bas et peu variables parce que issus des seules nappes souterraines en voie d'épuisement, de tarissement"*. M. Dacharry (1996) précise également dans sa définition que *"les étiages sont dus à des sécheresses prolongées. Les cours d'eau, en l'absence de pluie, étant uniquement alimentés par les eaux souterraines, un appauvrissement des nappes [...] contribue aussi à la faiblesse des débits"*.
- 10 Les étiages sont des événements hydrologiques à la dynamique lente et pouvant s'étendre sur de longues durées. Pour une description complète du phénomène, l'étiage doit donc être appréhendé en fonction des niveaux atteints mais aussi en termes de processus et de durée. Une situation d'étiage avec des bas débits sur une très longue période peut en effet être plus préjudiciable que des débits très bas sur une courte durée. Les définitions statistiques de l'étiage permettent d'intégrer ces différents éléments et proposent également une caractérisation des événements en terme de sévérité.

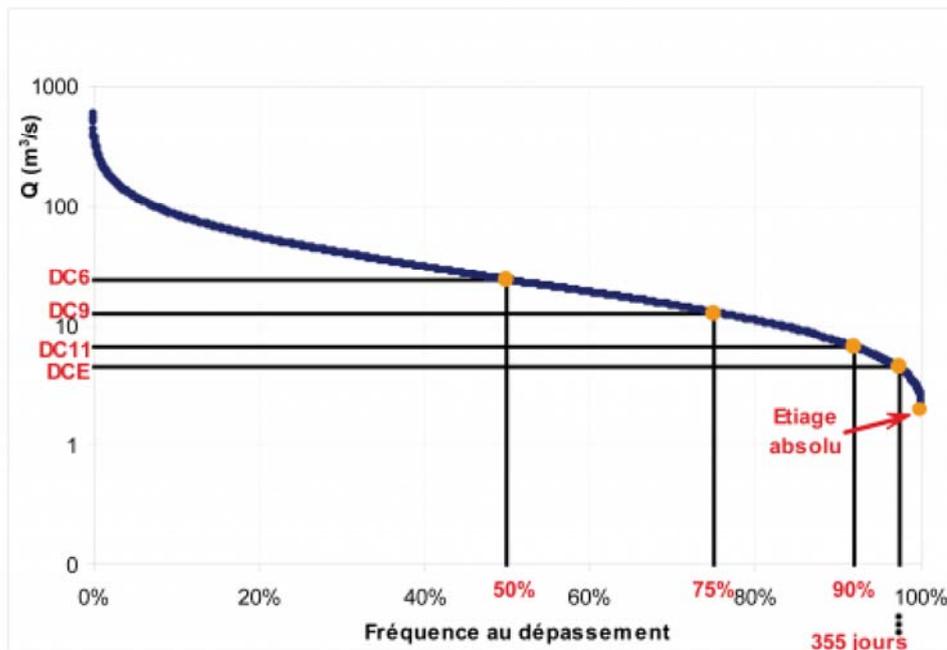
Les définitions statistiques de l'étiage

- 11 Les étiages sont des phénomènes difficiles à caractériser car l'identification des débits d'étiage ne fait pas l'objet de règles établies, ce qui s'explique par le caractère original que peuvent prendre ces événements d'une année à l'autre. Ainsi, les débits d'étiage peuvent être définis à partir de débits journaliers, de débits mensuels, ou encore de moyennes mobiles calculées sur plusieurs jours. Il est également possible de caractériser les étiages à partir d'un débit seuil, en comptabilisant le nombre de jours sous ce seuil ou le volume déficitaire.
- 12 Le choix des variables descriptives des étiages va donc dépendre des objectifs du travail, mais peut également résulter d'une contrainte imposée par un cadre législatif si l'étude est réalisée dans un contexte opérationnel. On distingue généralement les valeurs issues de la courbe des débits classés, qui tiennent compte de tous les débits moyens journaliers disponibles, des variables qui replacent l'étiage dans un contexte événementiel.

Les débits d'étiage issus de la courbe des débits classés

- 13 Les valeurs issues de la courbe des débits classés (fig. 2) sont appelées débits caractéristiques (ou débits fréquentiels). Ces valeurs permettent d'aborder les étiages de manière simple, sans traitement statistique élaboré, et de représenter les débits les plus indigents.

Figure 2 : Courbe des débits classés et débits caractéristiques associés - La Moselle à Epinal (1971-2003), d'après les données de la Banque HYDRO



L'étiage absolu

- 14 L'étiage absolu (ou minimum absolu) ne nécessite pas l'élaboration de la courbe des débits classés, mais il se fonde sur tous les débits moyens journaliers disponibles : il représente le plus bas débit connu d'un cours d'eau.

Les Débits Caractéristiques

- 15 Le Débit Caractéristique d'Etiage (DCE), correspond au débit égalé ou non dépassé 10 jours par an. Il s'agit d'un descripteur fréquemment utilisé pour caractériser les étiages d'un cours d'eau.
- 16 Les Débits Caractéristiques de durées 11, 9 et 6 mois (DC_x), notés respectivement DC_{11} , DC_9 et DC_6 , correspondent aux débits dépassés respectivement 335, 274 et 182 jours dans l'année. Les débits caractéristiques peuvent également s'exprimer en pourcentage en utilisant par exemple des valeurs dépassées 90, 75 et 50 % de l'année. Les DC_x sont très utilisés dans les travaux portant sur la statistique des volumes et des durées déficitaires qui s'appuient sur des débits seuils d'étiage.
- 17 La courbe des débits classés permet d'obtenir directement des débits « extrêmes » au sens statistique du terme, ce qui les différencie des valeurs

extraites de manière annuelle qui nécessitent un traitement statistique ultérieur.

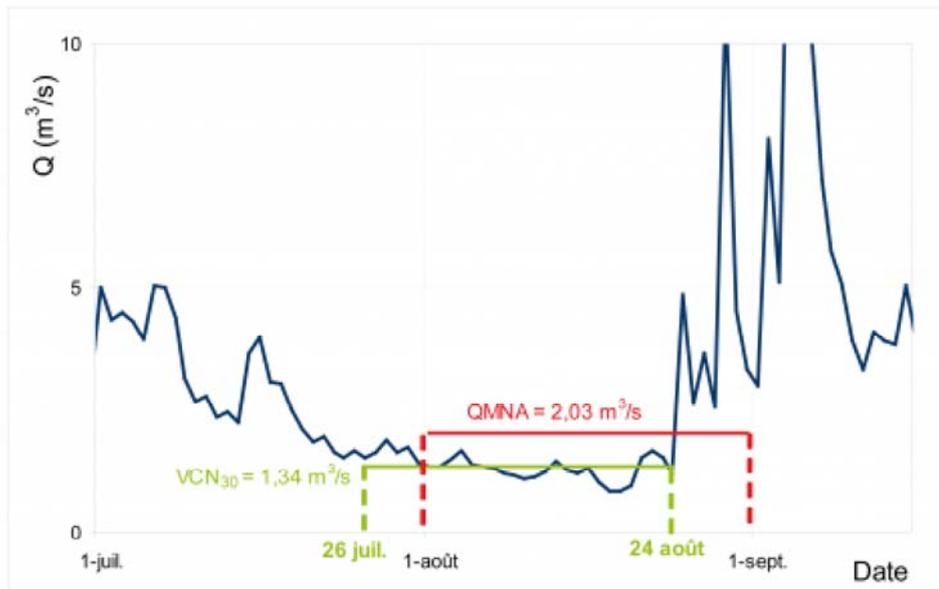
Les débits d'étiage annuels

- 18 L'analyse des débits d'étiage est souvent opérée à partir d'une série de débits annuels (une valeur extraite par an). Cependant, parmi ces débits, tous ne sont pas représentatifs d'une situation hydrologique extrême, notamment dans le cas d'années très humides. Les débits annuels d'étiage sont ainsi classiquement ajustés à une loi statistique afin de leur assigner une fréquence de retour et pour permettre le calcul de débits fréquentiels, aussi appelés débits caractéristiques.
- 19 Ces débits minimums annuels peuvent être sélectionnés selon des échelles temporelles différentes, généralement le pas de temps mensuel ou journalier. On distingue les débits d'étiage issus de l'échelle mensuelle, en particulier le QMNA, débit moyen mensuel le plus bas de l'année, des débits d'étiage calculés à partir de moyennes mobiles journalières.

Au pas de temps mensuel : le QMNA

- 20 En France, la variable usuellement employée par les services gestionnaires pour caractériser les étiages d'un cours d'eau est le QMNA (débit moyen mensuel le plus bas de l'année)¹. Le débit d'étiage de référence pour l'application de la police de l'eau correspond au débit moyen mensuel sec de récurrence 5 ans (noté « QMNA 5 »).
- 21 A l'origine, le QMNA avait été choisi par commodité, car il s'agissait d'une valeur facile à extraire des « annuaires hydrologiques ». Puis, avec l'apparition des grandes bases de données informatisées, l'extraction d'autres valeurs s'est trouvée facilitée. « ARHMA », créée en 1971 (Annuaire du Réseau Hydrométrique du Ministère de l'Agriculture), ancêtre de l'actuelle « Banque HYDRO », constitue la première base de données sur support informatique. Elle permet le stockage des hauteurs d'eau et des courbes de tarage avec pour objectif principal la constitution des annuaires de débits moyens journaliers. Le traitement informatique des séries de données devenant un travail moins fastidieux, le recours à des valeurs issues de données journalières devient plus usuel.
- 22 Le QMNA est une valeur réglementaire qui présente l'inconvénient d'être soumise à l'échelle calendaire. Les débits d'étiage peuvent en effet être observés durant une période chevauchant deux mois, induisant une surestimation du débit d'étiage par le QMNA (fig. 3). D'autre part, il apparaît parfois opportun de recourir à un pas de temps inférieur afin de limiter l'influence des précipitations. Pour cette raison, même si le QMNA reste une valeur prescrite par la loi sur l'eau, l'évaluation des niveaux de débit en période d'étiage s'appuie préférentiellement sur des données journalières. Cette nécessité de compléter les valeurs moyennes déterminées dans un cadre mensuel arbitraire, par des valeurs moyennes d'une série de jours consécutifs, est une idée ancienne qui avait déjà été soumise par R. Frécaut (1975).

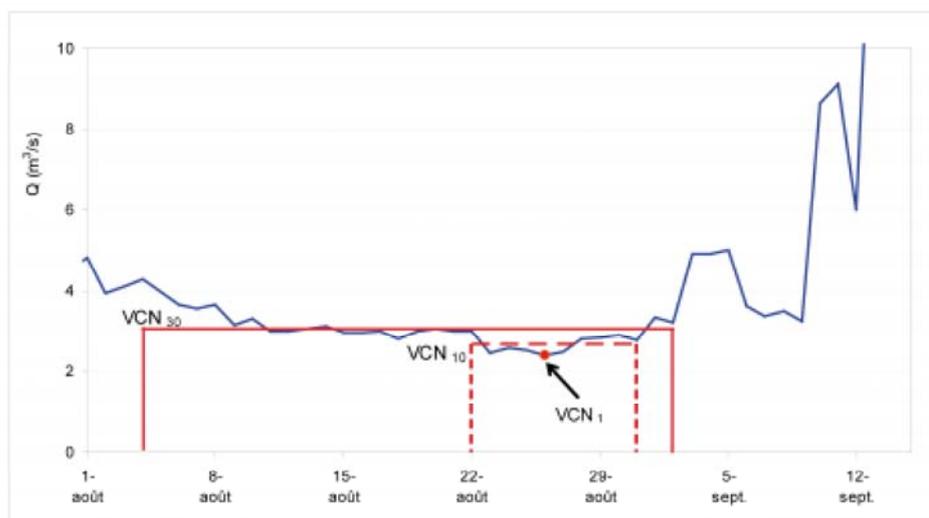
Figure 3 : Illustration de la contrainte de l'échelle calendaire associée au QMNA – La Moselotte à Vagny en 1988, d'après les données de la Banque HYDRO



Au pas de temps journalier : les VCN_d

- 23 Les VCN_d sont des valeurs extraites annuellement en fonction d'une durée fixée d . Des moyennes mobiles, calculées à partir des débits moyens journaliers sur plusieurs jours consécutifs, aboutissent au calcul des VCN_d , débit moyen minimum sur d jours (fig. 4). Les VCN de durées 7 ou 10 jours correspondent à des valeurs réglementaires dans de nombreux pays et sont très utilisés d'une manière générale dans les travaux portant sur les étiages (Hortness, 2006 ; Pyrcce, 2004 ; Gustard A. et Demuth, 2008 ; etc.).

Figure 4 : Exemple de VCN_d de durées 1, 10 et 30 jours – La Moselle à Epinal en 1976, d'après les données de la Banque HYDRO



Pour cette année, les valeurs des VCN_1 , VCN_{10} et VCN_{30} étaient respectivement de 2,37 - 2,66 et 3,05 m^3/s .

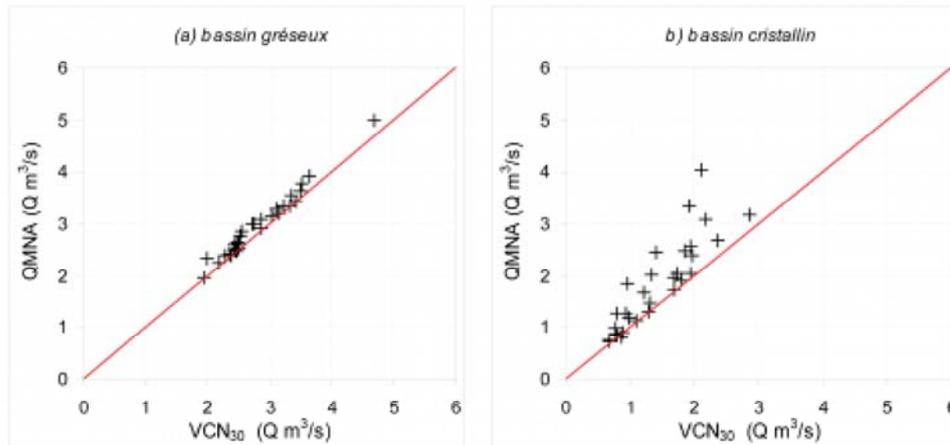
QMNA versus VCN_{30}

- 24 Il est intéressant de comparer le QMNA au VCN_{30} , c'est-à-dire la moyenne mobile la plus faible de l'année calculée sur 30 jours consécutifs, car il se

rapproche en terme de durée de l'échelle mensuelle. Ces deux grandeurs devraient être proches, mais dans certains contextes des écarts importants peuvent apparaître, notamment lors d'années pluvieuses et dans le cas de bassins imperméables qui ont une réponse rapide aux impulsions pluviométriques.

- 25 La figure 5 présente la corrélation entre les QMNA et les VCN_{30} pour deux cours d'eau vosgiens au contexte géologique différent : la Moder à la station de Schweighouse (fig. 5a) est un bassin versant perméable, essentiellement caractérisé par un substrat gréseux, alors que la Moselotte à la station de Vagney (fig. 5b) s'écoule dans un milieu imperméable. La corrélation entre les QMNA et les VCN_{30} montre très peu d'écarts pour le bassin versant de la Moder, ce qui s'explique par la forte inertie liée à la nappe des Grès vosgiens qui génère des écoulements pondérés. Par contre, le caractère imperméable du bassin versant de la Moselotte génère une importante réactivité aux précipitations, expliquant des écarts importants entre ces deux grandeurs d'étiage, notamment dans le cas d'étés très arrosés.
- 26 L'échelle calendaire imposée par le QMNA présente des inconvénients qu'il s'agit de prendre en considération dans le cadre d'un suivi et d'une gestion des débits d'étiage, notamment pour éviter une mauvaise évaluation de la situation hydrologique. Les petits cours d'eau situés en tête de bassin et évoluant dans des milieux imperméables doivent être particulièrement bien connus car ils constituent souvent des bassins de référence, annonciateurs du risque d'étiage.

Figure 5 : Rôle du contexte géologique et de l'inertie des bassins versants dans les écarts observés entre les VCN_{30} et les QMNA - La Moder à Schweighouse (a) et la Moselotte à Vagney (b) (1971-2000), d'après les données de la Banque HYDRO



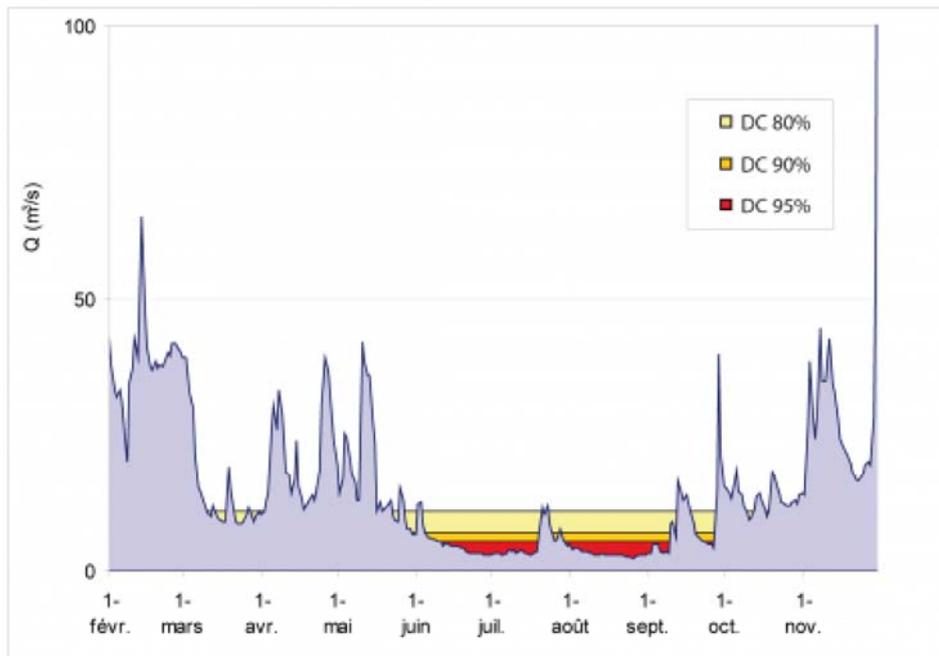
Les variables extraites à partir d'un débit seuil : les volumes et durées déficitaires

- 27 L'analyse des étiages peut également être appréhendée à partir de la définition d'un débit seuil. Cette limite est utilisée pour la sélection de volumes et de durées déficitaires à partir desquels il est possible de réaliser une analyse statistique.
- 28 Bien que peu appliquée en France, l'analyse des situations d'étiage fondée sur un débit seuil présente plusieurs avantages. Elle permet notamment de prendre en compte la durée des événements, contrairement aux autres variables qui bornent l'étiage dans un contexte temporel qui sera le même

quelles que soient les années. Par ailleurs, si le seuil est assez bas, cette méthode rejoint l'idée intéressante que les débits n'atteignent pas tous les ans certains niveaux d'étiage.

- 29 Pour cette méthode, la difficulté réside dans le choix du seuil qui consiste finalement à fixer un débit d'« entrée en étiage ». La détermination de ces débits limites s'appuie en général sur les débits caractéristiques issus de la courbe des débits classés (fig. 6). Le Débit Caractéristique d'Etiage (DCE) peut par exemple être utilisé en tant que débit seuil puisqu'il s'agit d'une valeur extrême, représentative des niveaux d'étiage. Les travaux recensés dans la bibliographie, qui s'intéressent à la statistique des volumes et des durées déficitaires, utilisent des valeurs de débits correspondant généralement à des fréquences au dépassement comprises entre 70 et 95 % de la courbe des débits classés (Fleig et al., 2006) : on peut citer L. Gottschalk et al. (1997) qui se fondent sur le seuil 70 % ou encore N. El-Jabi et al. (1997) qui ont recours au seuil de 90 % ; L. M. Tallaksen et al. (1997) réalisent une analyse des durées et volumes déficitaires pour laquelle trois seuils différents sont comparés : 50, 70 et 90 %.

Figure 6 : Volumes et durées déficitaires en fonction de différents seuils d'étiage - La Moselle à Epinal en 1976, d'après les données de la Banque HYDRO



- 30 Le tableau 1 présente une synthèse des différents descripteurs d'étiage présentés. Dans tous les cas, quelle que soit la variable retenue, il apparaît difficile de prendre en considération toute la complexité d'un étiage à travers une seule grandeur.

Tableau 1 : Les variables d'étiage, *Abi-Zeid et Bobée (1999), modifié*

CRITERE	VARIABLE D'ETIAGE	DEFINITION
Courbe des débits classés	- Etiage absolu - DCE - DC _x	- Débit minimum connu - Débit égalé ou dépassé pendant 10 jours par an - Débit dépassé pendant x % du temps
Durée fixée		

	- QMNA - VCN _d	- Débit moyen mensuel minimum de l'année - Débit minimum de l'année calculé sur d jours consécutifs
Débit seuil	- Volume déficitaire - Durée déficitaire	- Volume sous le débit seuil - Durée sous le débit seuil

Débits caractéristiques et seuils d'étiage

- 31 Une distinction doit être faite entre les *débits d'étiage* et les *débits caractéristiques d'étiage*. Les débits caractéristiques sont en effet des valeurs déduites du traitement statistique des débits d'étiage. La plupart des seuils réglementaires fixés pour la gestion de l'eau en période de pénurie sont fondés sur ces débits caractéristiques.
- 32 Les fréquences les plus communément utilisées sont la fréquence $1/2$ (débit d'étiage de récurrence 1 année sur 2), la fréquence $1/5^{\text{ème}}$ (1 année sur 5), la fréquence $1/10^{\text{ème}}$ (1 année sur 10) et la fréquence $1/20^{\text{ème}}$ (1 année sur 20). Ces occurrences sont directement liées à la notion de sévérité : les débits d'étiage de fréquence $1/2$ peuvent être considérés comme banals alors qu'une fréquence $1/10^{\text{ème}}$ représente par exemple une situation exceptionnelle et plus sévère. En période d'étiage, le suivi des débits est réalisé par comparaison entre les débits d'étiage observés et le franchissement de seuils représentés par ces débits fréquents. Plus la probabilité d'apparition du débit seuil diminue, plus la situation devient sévère. La sévérité du seuil est donc fonction de la fréquence, mais elle dépend également de la nature des débits d'étiage utilisés initialement pour le calcul des débits caractéristiques. Ainsi, un QMNA de fréquence $1/2$ représentera un seuil moins sévère qu'un VCN₃ de même fréquence.
- 33 La comparaison entre les débits fréquents met toutefois en évidence la proximité de certaines valeurs. Le manuel d'estimation et de prédiction des débits d'étiage réalisé par la WMO² (Gustard, Demuth, 2008) souligne par exemple la similitude, en climat tempéré, entre le VCN₇ et le DC₉₅ %.

Des similitudes entre les débits caractéristiques d'étiage

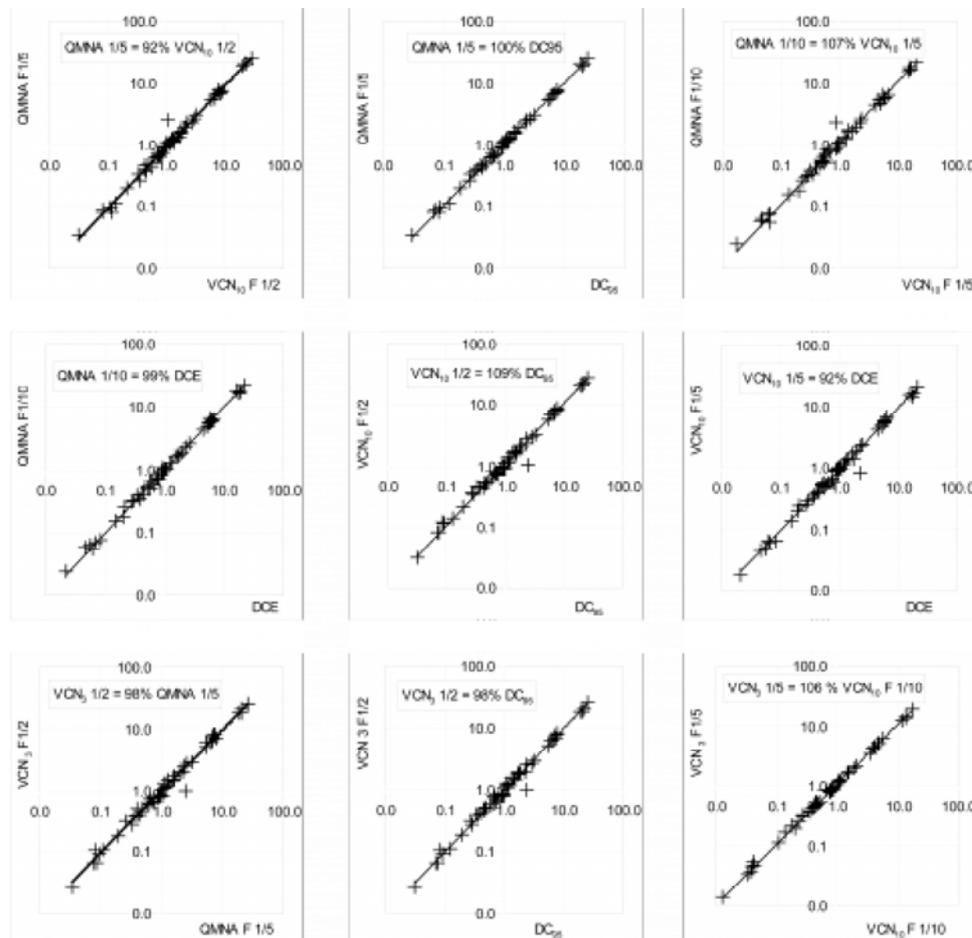
- 34 Les débits fréquents d'étiage les plus couramment utilisés ont été comparés : les valeurs issues de la courbe des débits classés (DC₈₀ - DC₉₀ - DC₉₅ et DCE), les débits moyens minimums mensuels (QMNA $1/2$ - QMNA $1/5$ - QMNA $1/10$) et les VCN_d (VCN₁₀ $1/2$ - VCN₁₀ $1/5$ - VCN₁₀ $1/10$ - VCN₃ $1/2$ - VCN₃ $1/5$ - VCN₃ $1/10$). Les graphiques de corrélation entre ces différents débits fréquents (fig. 7) permettent d'observer la proximité de certaines valeurs et amènent plusieurs remarques :

- On note tout d'abord une extrême similitude entre plusieurs débits caractéristiques :

- Le QMNA $1/5$ correspond de très près au DC₉₅ ;

- Le QMNA 1/10 est l'équivalent du DCE ;
 - Dans une moindre mesure, le QMNA 1/5 est proche du $VCN_{10} 1/2$ et du $VCN_3 1/2$;
 - Le QMNA 1/10 se rapproche du $VCN_{10} 1/5$.
- Le DC90, le QMNA 1/2 et surtout le DC80 représentent des seuils peu sévères comparés aux autres débits fréquentiels. Le QMNA 1/2 est ainsi nettement supérieur aux débits caractéristiques issus du VCN10 et se situe plutôt entre le DC80 et le DC90 ;
 - A l'inverse, le VCN10 de fréquence 1/10ème et les VCN3 de fréquences 1/5ème et 1/10ème constituent des débits caractéristiques d'étiage nettement plus sévères.

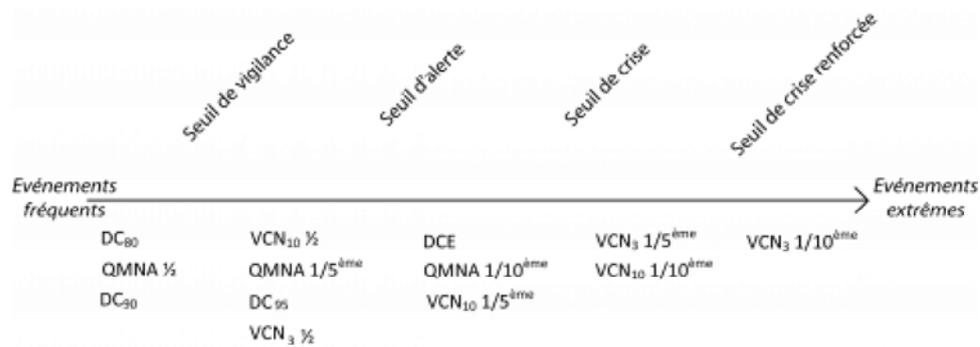
Figure 7 : Similitude entre certains débits fréquentiels d'étiage, d'après les données de la Banque HYDRO



Statistique réalisée à partir de 56 bassins versants situés dans le bassin Rhin-Meuse (partie française) - Les débits d'étiage sont ajustés à la loi log normale à 2 paramètres sur la période 1971-2000

- 35 Ces observations permettent de classer les débits caractéristiques sur une échelle de sévérité croissante (fig. 8). Ces niveaux de sévérité sont représentés d'un point de vue réglementaire par des seuils fixés à partir des débits caractéristiques. Les DC₈₀ et ₉₀ ainsi que le QMNA 1/2 correspondent à des seuils d'étiage peu sévères et représentent des situations très fréquentes. Les débits caractéristiques suivants concernent des situations plus exceptionnelles, voire extrêmes. On peut alors s'interroger sur la représentativité de ces valeurs et tenter de déterminer le débit d'« entrée en étiage ».

Figure 8 : Débits caractéristiques et sévérité des étiages



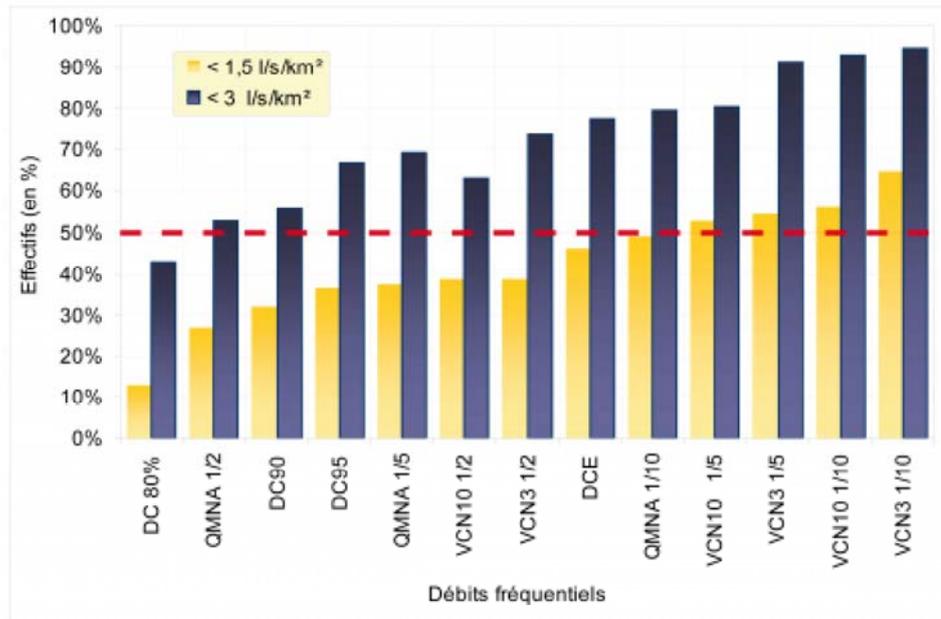
Les seuils de vigilance, d'alerte, de crise et de crise renforcée correspondent à différents stades inscrits dans le plan cadre sécheresse. Ces seuils sont placés de manière croissante sur la figure mais ne correspondent pas toujours exactement aux débits caractéristiques indiqués en dessous de la droite dans la mesure où ces débits sont définis par les arrêtés cadres interdépartementaux et peuvent donc un peu varier d'un bassin à un autre (cf. IV).

Définition d'un débit limite d'étiage

- 36 Si la limite entre les hautes et les basses eaux est clairement établie par le module, le début de l'étiage est plus difficile à déterminer. Plusieurs auteurs ont proposé des débits limites pour l'analyse des étiages. J. Bernier ou L. Larras, cités par R. Frécaut (1975, p. 90), indiquent que les débits d'étiage "seraient toujours inférieurs au débit moyen mensuel minimal « normal »". J. Laheurte, également cité par R. Frécaut (1975, p. 93), qui a travaillé sur les étiages de la Moselle, conclut à une limite plus sévère, qu'il qualifie de "débit journalier limite d'étiage", fixée à "pratiquement la moitié du débit moyen mensuel minimal « normal »".
- 37 En se référant à des débits spécifiques plutôt qu'aux débits bruts, M. Pardé (1963, p. 139) indique que "dans le régime pluvial, les valeurs types des étiages extrêmes sont de 0,5 à 1,5 l/s/km²". Il faut toutefois souligner que M. Pardé propose cet intervalle pour les épisodes qu'il qualifie "d'étiages extrêmes". Le recours aux débits spécifiques est intéressant car il apporte une caractérisation et une interprétation en terme d'indigence. Les débits fréquentiels d'étiage calculés précédemment sont transformés en débits spécifiques (l/s/km²) pour permettre une comparaison avec le seuil de M. Pardé. On observe une importante variabilité entre les débits spécifiques. Si certains se rapprochent sans conteste de valeurs d'étiage, d'autres, au contraire, paraissent élevés.
- 38 La figure 9 représente le nombre de stations (en %) pour lesquelles la valeur du débit d'étiage est inférieure au seuil de Pardé. On constate que la limite fixée de 1,5 l/s/km² caractérise bien des événements extrêmes. En effet, même pour des débits d'étiage très sévères, la part de stations pour laquelle ces débits sont inférieurs à ce seuil ne dépasse guère les 50 % : le QMNA décennal (QMNA 1/10) est inférieur à 1,5 l/s/km² dans 49 % des cas ; le VCN₁₀ de fréquences quinquennale et décennale est inférieur à ce seuil respectivement pour 53 et 56 % des stations. En étendant ce seuil à 3 l/s/km², on augmente significativement cette part, mais il faut là encore se référer à des valeurs fréquentielles assez sévères pour englober une majorité de stations.
- 39 Si l'on recherche parmi tous ces débits fréquentiels ceux qui se rapprochent de débits extrêmes, nous pouvons proposer comme seuil les débits caractéristiques égaux ou inférieurs au DCE. Par contre, fixer une valeur unique comme débit limite d'étiage reste complexe et dépend finalement du contexte et de l'objet de l'étude. En effet, la sélection de débits d'étiage n'a pas

forcément pour but l'identification des événements exceptionnels. On peut choisir de fixer une limite supérieure pour l'identification des débits relevant de processus associés à l'étiage. Le choix d'un débit limite trop sévère conduirait à une sélection d'événements particulièrement rares et trop peu nombreux pour pouvoir entreprendre un traitement statistique et en décrire la dynamique. Par ailleurs, la définition des débits seuils d'étiage peut dépendre d'objectifs réglementaires de gestion de l'eau.

Figure 9 : Les débits fréquents d'étiage comparés aux seuils de 1,5 l/s/km² (seuil de M. Pardé) et de 3 l/s/km², d'après les données de la Banque HYDRO



La statistique réalisée sur 56 bassins situés dans le bassin Rhin-Meuse (partie française) indique la part de stations pour laquelle la variable est inférieure au seuil.

La gestion des étiages en France et la définition de seuils réglementaires

- 40 En France, les grands principes de gestion de la ressource en eau ont été fixés par la loi sur l'eau du 3 janvier 1992. Elle instaure entre autre les SDAGE³ et les SAGE⁴, qui établissent pour chaque bassin versant les orientations d'une gestion équilibrée de la ressource.
- 41 Concernant la gestion de l'eau pendant les périodes d'étiage, cette loi définit le QMNA de fréquence 1/5^{ème} comme *débit de référence d'étiage*⁵ pour l'application de la police de l'eau. Cette valeur est utilisée pour fixer les volumes de prélèvements et de rejets en eaux superficielles. La loi de 1992 a également défini les *arrêtés cadres* qui permettent aux préfets de prendre des mesures exceptionnelles de limitation ou de suspension des usages de l'eau pour faire face à une insuffisance éventuelle de la ressource en période d'étiage.
- 42 Par ailleurs, des *bulletins hydrologiques* hebdomadaires ou mensuels existent depuis 1989 afin de permettre un suivi de la situation hydrologique en période d'étiage. Plus récemment, un « *Plan Cadre Sécheresse* » a été proposé pour permettre une meilleure gestion de la ressource pendant les situations de sécheresse. Ce plan national a été mis en place suite à l'épisode exceptionnel de

2003 qui a permis aux autorités de faire le point sur le dispositif de gestion de crise. Parallèlement, la recherche d'un cadre communautaire global en matière de gestion de l'eau s'est concrétisée avec la « *Directive Cadre sur l'Eau* », qui fixe des objectifs et des échéances à respecter, notamment pour atteindre un bon état qualitatif et quantitatif des milieux aquatiques d'ici à 2015.

La gestion de l'étiage de 2003 : retour d'expérience

- 43 L'année 2003 a été marquée par un étiage exceptionnel qui a touché toute la France mais aussi une grande partie de l'Europe. Cette sécheresse a engendré des difficultés pour l'alimentation en eau potable, l'agriculture, la navigation, la production électrique et la qualité des milieux aquatiques. Durant cette période, la France a été concernée par un nombre de mesures de restrictions d'eau sans précédent : au total, sur cette période, il a été dénombré plus de 800 arrêtés préfectoraux.
- 44 Au mois de juillet 2003, 34 départements étaient concernés par des mesures de restriction. Concernant les usages agricoles, les limitations étaient de l'ordre de 20 à 50 %, mais dans certains bassins, des interdictions complètes de prélèvements étaient déjà imposées. Le 6 août 2003, 56 départements étaient touchés par des mesures de limitation. Les restrictions d'usage agricole concernaient alors 48 des 56 départements, de l'ordre de 10 à 50 % en général, mais 14 départements étaient concernés par des interdictions complètes de prélèvements. Fin août, la situation était généralisée à quasiment l'ensemble du territoire, puisque 77 départements étaient touchés par des mesures de restriction. Les premiers assouplissements ont été observés en septembre. En novembre, quasiment toutes les mesures étaient abrogées à l'exception de certaines limitations comme par exemple l'interdiction de remplir certains plans d'eau.
- 45 Le bilan de l'étiage de 2003 montre la forte implication des pouvoirs publics, mais une amélioration du dispositif de gestion est nécessaire. Le retour d'expérience souligne en effet le manque d'anticipation et la nécessité de mettre en place une meilleure organisation de la gestion de l'eau à l'échelle des bassins. En effet, les mesures de restriction généralisées ne sont pas une solution et doivent être exceptionnelles. Des efforts doivent donc être réalisés pour mieux anticiper les situations à risque, afin de sensibiliser assez tôt les usagers à l'économie d'eau et pour préparer les premières mesures de restriction. Cette anticipation passe notamment par un bon suivi de la situation hydrologique qui requiert une amélioration des réseaux de surveillance des débits ainsi que la définition de débits-seuils et d'indicateurs d'étiage. Pour répondre à cette problématique, un plan national a été mis en place en 2005.

Le Plan Cadre Sécheresse

- 46 Le Plan Sécheresse fixe un cadre national de gestion de la ressource en eau. Il doit permettre de prévenir les déséquilibres entre prélèvements et ressources disponibles, en imposant des limitations temporaires de certains usages de l'eau. Ce plan définit notamment le *débit seuil d'alerte* (DSA), qui correspond au seuil en dessous duquel les premières restrictions doivent être prises. L'objectif est d'éviter d'atteindre le *débit de crise* (DCR), valeur de débit en

dessous de laquelle l'alimentation en eau potable ainsi que la survie des espèces aquatiques sont menacées.

47 Ce plan est fondé sur la mise en place de mesures progressives de limitations d'usages dits « non prioritaires », l'objectif étant d'assurer les usages prioritaires, en particulier l'alimentation en eau potable et la préservation des milieux aquatiques. Pour l'utilisation de l'eau potable, par exemple, les limitations d'usages non prioritaires vont concerner, dans l'ordre, les restrictions suivantes : le remplissage des piscines privées, le lavage des véhicules en dehors d'une station de lavage, le lavage des voies et des trottoirs, l'arrosage des pelouses et espaces verts, l'arrosage des jardins potagers et le nettoyage des terrasses et façades ne faisant pas l'objet de travaux.

48 Ce Plan Sécheresse définit différents stades relatifs à la gravité de la situation :

- Le seuil de vigilance : à ce stade, des mesures de communication et de sensibilisation à l'économie d'eau sont mises en place auprès des différents usagers, sans pour autant que des mesures de limitations soient prises ;
- Le niveau d'alerte : ce niveau doit être garanti statistiquement au moins 8 années sur 10. En cas de franchissement de ce niveau, les premières mesures de limitation des usages de l'eau doivent être prises ;
- Le niveau de crise : des limitations progressives de prélèvements, voire des suppressions de certains usages sont mises en place. A ce stade, l'objectif est de ne pas atteindre le niveau de crise renforcé ;
- Le niveau de crise renforcé : en dessous de ce seuil, l'alimentation en eau potable et la survie des espèces aquatiques sont menacées.

49 Ces niveaux de crise sont donc définis à l'échelle nationale, mais les valeurs de débits associées à ces seuils sont fixées par bassin versant pour tenir compte du contexte local. Cette planification nationale est donc relayée par des arrêtés cadres interdépartementaux établis à l'échelle des bassins versants. Ces arrêtés cadres permettent de définir, par bassin, les règles et les seuils de déclenchement des mesures de restriction des usages de l'eau.

50 En effet, l'évaluation de la sévérité des étiages doit être déterminée en fonction de la disponibilité de la ressource (qui dépend essentiellement du climat et de la géologie des bassins) et des différents usages de l'eau. Les mesures de restriction sont donc à adapter au contexte local : les quotas de limitation de l'eau agricole varient par exemple fortement d'un bassin à l'autre, en fonction de la disponibilité de la ressource, mais aussi en fonction de la part de l'eau agricole dans les prélèvements totaux. La situation de 2003 montrait pour les usages agricoles des premières mesures de limitations au mois de juillet, de l'ordre de 20 à 50 %, mais certains départements avaient déjà établis une interdiction totale de prélèvements. La gestion de l'eau doit donc être décentralisée et établie par bassin versant, car les contextes locaux sont à prendre en compte pour évaluer les niveaux de crise.

51 Par ailleurs, le contexte réglementaire départemental doit parfois être dépassé afin de garantir une gestion équitable entre les usagers de différents départements et d'assurer une solidarité amont - aval. C'est alors au préfet coordonnateur de bassin d'élaborer, en concertation avec les autres préfets, les plans de gestion qui doivent respecter ces principes.

Exemple d'application du plan sécheresse aux bassins de la Meuse, de la Moselle et de la Sarre

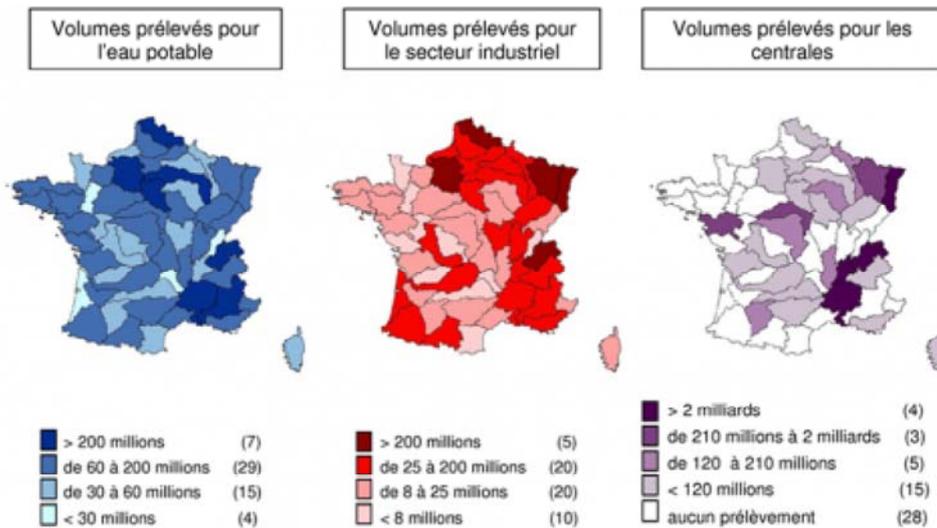
52 En France, les principales activités consommatrices d'eau superficielle sont la production d'eau potable, la production d'énergie (refroidissement des centrales thermiques et nucléaires), l'industrie et l'irrigation. La production d'énergie constitue l'activité la plus consommatrice d'eau à l'échelle nationale, avec 70 % des prélèvements d'eau superficielle. L'irrigation se situe au deuxième rang avec 13 %. Les besoins en eau potable et l'industrie ne représentent que 8 % chacun. Ces chiffres constituent des moyennes nationales et les volumes prélevés par type d'activités sont très variables selon les régions (fig. 10). Les enjeux étant diversifiés, la gestion de l'eau doit être adaptée au contexte local. Le plan cadre sécheresse est donc appliqué à l'échelle des bassins versants et mis en application à travers les arrêtés cadres interdépartementaux. Afin d'illustrer la mise en application de ce plan national nous nous appuyons sur l'arrêté cadre interdépartemental mis en place dans les bassins versants de la Meuse, de la Moselle et de la Sarre.

53 Ces trois bassins versants appartiennent au bassin Rhin-Meuse qui est géré par l'Agence de l'Eau du même nom. Dans ces bassins, les principaux enjeux en période d'étiage sont liés à l'alimentation en eau potable des agglomérations de Nancy et de Metz, qui prélèvent directement dans le réseau de surface. Les prélèvements pour la production d'énergie sont élevés (fig. 10) essentiellement du fait des centrales nucléaires de Cattenom, sur la Moselle, et de Chooz, sur la Meuse. Ces centrales représentent respectivement 8 et 3 % de la production nationale d'électricité. Les prélèvements liés à l'irrigation apparaissent globalement faibles mais doivent être surveillés en raison des pompages en nappe qui sont de plus en plus nombreux et souvent incontrôlés. D'autres activités peuvent également être perturbées en cas d'étiage prononcé, notamment la navigation et certaines activités touristiques autour des plans d'eau.

54 L'application du plan sécheresse se traduit, dans ces bassins, par la mise en place de l'arrêté cadre interdépartemental de 2008 (« Arrêté-cadre interdépartemental N° 2008-207, en date du 17 juin 2008 et relatif à la mise en place de principes communs de vigilance et de gestion des usages de l'eau dans les bassins versants de la Meuse, de la Moselle et de la Sarre »). Les objectifs figurant dans cet arrêté sont :

- la prise de mesures coordonnées pour la gestion des étiages ;
- la détermination des débits-seuils des cours d'eau ;
- l'élaboration de principes communs de vigilance et de gestion des usages de l'eau.

Figure 10 : Volumes totaux (eaux souterraines + eaux superficielles) prélevés par bassin versant en 2001 (en m³), Rapport RNDE, 2004



55 Pour répondre à ces objectifs, un réseau hydrométrique de référence a été choisi (fig. 11) afin de fournir une évaluation fiable de la situation hydrologique à l'échelle de ces bassins. Le choix du réseau de référence constitue une étape importante dans le dispositif de gestion de ce type d'événement car il s'agit de sélectionner des stations fiables, d'autant plus que la mesure des bas débits peut être délicate et entachée d'erreurs. La DREAL⁶ Lorraine est chargée de la surveillance et du suivi de ces stations pour fournir aux préfets les informations sur la situation hydrologique.

56 La détermination des débits-seuils (tableau 2) repose également sur les recommandations du plan sécheresse. On recense ainsi :

- Le seuil de vigilance qui correspond à 110 % du QMNA de période de retour 5 ans ;
- Le seuil de crise qui correspond à 90 % du QMNA de période de retour 5 ans ;
- Le seuil de crise renforcé qui correspond au VCN₃ de période de retour 20 ans.

57 Le franchissement de ces seuils est déclaré si le VCN₃, calculé sur une semaine, est inférieur au seuil considéré pour au moins la moitié des stations du réseau de référence. En cas de déclenchement et en fonction du seuil franchi, différentes mesures sont progressivement mises en place.

Figure 11 : Délimitation des zones d'alerte et des stations hydrométriques de référence, Arrêté-cadre interdépartemental n° 2008-207

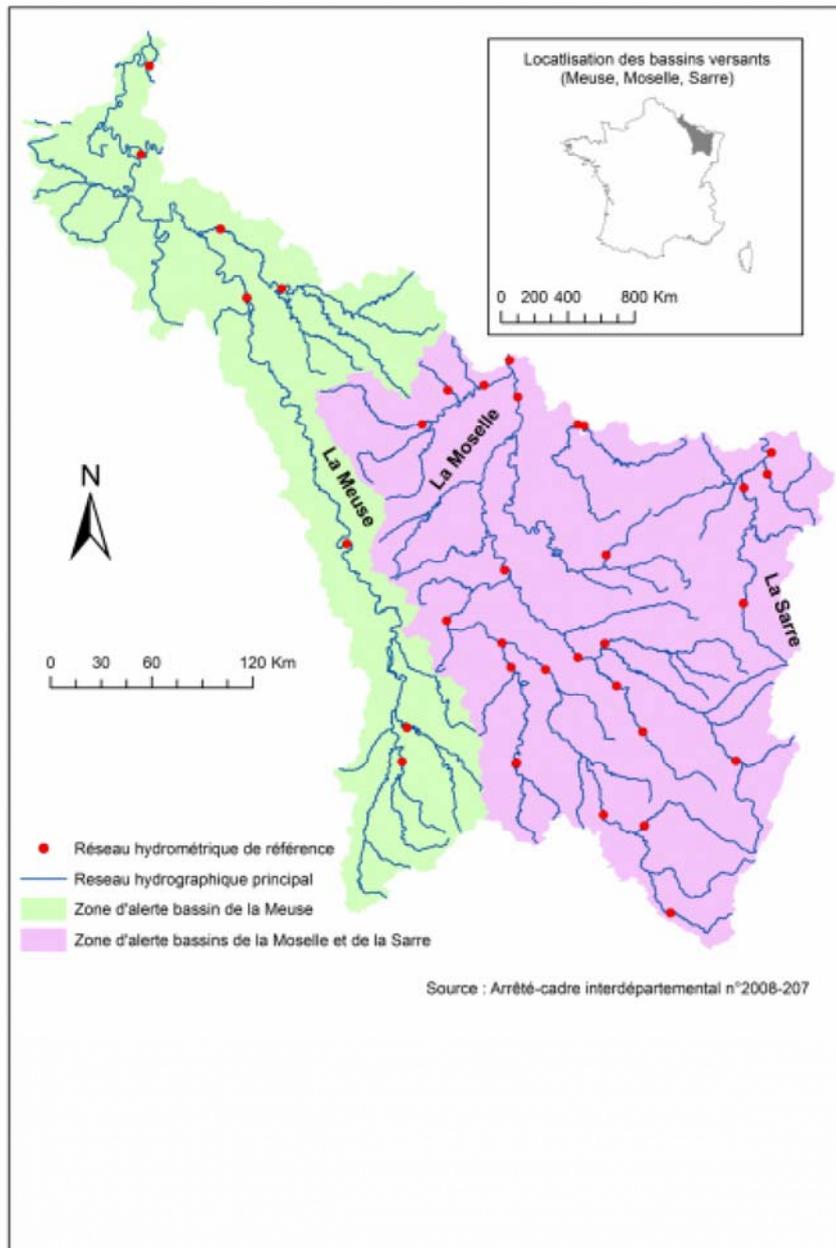


Tableau 2 : Exemple de débits-seuils fixés dans les bassins de la Moselle et de la Sarre, *Arrêté-cadre interdépartemental N° 2008-207*

Bassin versant	Secteur	Cours d'eau concernés	Station hydrométrique de référence	Seuil de vigilance (m ³ /s)	Seuil de crise (m ³ /s)	Seuil de crise renforcée (m ³ /s)
MOSELLE	Moselle amont	MOSELLE	Rupt sur Moselle (88)	0,7	0,6	0,3
		MOSELLE	Épinal (88)	6,1	5,0	2,5
		VOLOGNE	Cheniménil (88)	2,0	1,6	0,9
		MADON	Mirecourt (88)	0,8	0,7	0,5
		MOSELLE	Tonnoy (54)	6,9	5,7	2,7
		MADON	Pulligny (54)	1,4	1,2	0,7
		MOSELLE	Pont-Saint-Vincent	7,5	6,1	3,3
	Meurthe	MOSELLE	Toul (54)	8,8	7,2	3,0
		MEURTHE	Saint-Dié (88)	1,7	1,4	0,7
		MORTAGNE	Roville (88)	0,9	0,7	0,6
		MEURTHE	Damelevières (54)	7,7	6,3	4,0
		VEZOUZE	Lunéville (54)	1,1	0,9	0,6
	Moselle aval	MORTAGNE	Gerbéviller (54)	1,3	1,1	0,6
		PETITE SEILLE	Château-Salins (57)	0,3	0,2	0,1
		SEILLE	Nomény (54)	1,2	0,9	0,6
		SEILLE	Metz (57)	1,3	1,1	0,7
		ORNE	Boncourt (54)	0,1	0,1	0,0
		ORNE	Roselange (57)	1,0	0,8	0,3
		WOIGOT	Briey (54)	0,2	0,1	0,0
		MOSELLE	Custines (54)	22,0	18,0	9,8
		MOSELLE	Hauconcourt (57)	23,1	18,9	11,0
		MOSELLE	Uckange (57)	27,5	22,5	16,0
		NIED FRANCAISE	Condé-Northen (57)	0,5	0,4	0,3
		NIED ALLEMANDE	Varize (57)	0,4	0,3	0,2
		Sarre	SARRE	Hermelange (57)	0,2	0,15
	SARRE		Keskastel (57)	1,8	1,4	0,6
	SARRE		Wittring (57)	2,7	2,2	1,9
	EICHEL		Oermingen (67)	0,45	0,35	0,13

58 En cas de déclenchement de la période de vigilance, un comité de suivi de la situation est mis en place, présidé par le Préfet coordonnateur de bassin. Les premières mesures pouvant être prises sont (entre autres)⁷ :

- La mise en place d'un « observatoire départemental de la sécheresse » ;
- La sensibilisation des usagers aux règles de bon usage et d'économie de l'eau ;
- La mise en place d'une concertation avec les utilisateurs et les acteurs économiques.

59 En période de crise, les premières mesures de restriction sont prises et concernent :

- Des restrictions d'usages et d'horaires (par exemple arrosage interdit durant la journée) ;
- La réduction des débits d'entrée aux prises des canaux ;
- L'interdiction des prélèvements qui ne sont pas indispensables pour les activités économiques ou l'alimentation en eau potable.

60 En période de crise renforcée, les mesures sont :

- L'interdiction de tous les usages non prioritaires ;
- La restriction au minimum des prélèvements pour l'alimentation en eau potable (afin de ne pas épuiser totalement la ressource disponible et pour préserver un état acceptable des milieux aquatiques).

Conclusion

61 Les politiques en matière de gestion de l'eau montrent que les seuils d'étiage ne peuvent pas être définis uniquement par les résultats d'une analyse statistique. La détermination des fréquences de retour ne suffit pas à définir la sévérité d'une situation ou à fixer des seuils d'étiage, car les activités humaines jouent aussi un rôle dans la définition des niveaux de crise, parfois au-delà des situations hydro-climatiques elles-mêmes. Une situation devient en effet critique à partir du moment où la diminution des disponibilités en eau ne permet plus de répondre aux besoins des sociétés ou du milieu aquatique. Les niveaux d'étiage doivent être définis en fonction des enjeux économiques et environnementaux et les seuils des plans sécheresse vont dans ce sens. Ils ont pour objectif de garantir un équilibre entre la ressource disponible et les usages en définissant des règles de partage entre les différents usagers de l'eau. Enfin, l'état écologique des cours d'eau est également à prendre en considération, surtout depuis la mise en place de la Directive Cadre sur l'Eau.

Bibliography

Abi-Zeid I., Bobée B., 1999, "La modélisation stochastique des étiages : une revue bibliographique", *Revue des sciences de l'eau*, No.12-3, 459-483.

DOI : 10.7202/705360ar

Dacharry M., 1996, *Dictionnaire français d'hydrologie*, <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/indexdic.htm>

El-Jabi N., Ashkar F., Isaa M., 1997, "Application stochastique du phénomène d'étiage", *Canadian Journal of Civil Engineering*, No.24, 191-200.

DOI : 10.1139/l96-097

Fleig A.K., Tallaksen L.M., Hisdal H., Demuth S., 2006, "A global evaluation of streamflow drought characteristics", *Hydrology and Earth System Sciences*, No.10, 535-552.

Frécaut R., 1967, *Éléments d'Hydrologie continentale*, Cours de l'université de Nancy, 230 p.

Frécaut R., 1975, "Contribution à l'étude statistique des étiages, Application au domaine tempéré océanique", *Revue Géographique de l'Est*, Tome XV, 89-100.

DOI : 10.3406/rgest.1975.1311

George P., Verger F., 2000, *Dictionnaire de la géographie*, Editions PUF, 500 p.

Glossaire International d'Hydrologie, 1992 : <http://www.cig.ensmp.fr/~hubert/glu/aglo.htm>

Gottschalk L., Tallaksen L.M., Perzyna G., 1997, "Derivation of low flow distribution functions using recession curves", *Journal of Hydrology*, No.194, 239-262.

DOI : 10.1016/S0022-1694(96)03214-3

Gustard A., Demuth S., 2008, "Manual on Low Flow Estimation and Prediction", *World Meteorological organization, Operational Report*, No.50, 136 p.

Hortness J.E., 2006, "Estimating low-flow frequency statistics for unregulated streams in Idaho", *US Geological Survey Scientific investigations Report*, No.2006-5035, 31 p.

Littré E., 1972, *Dictionnaire de la langue française*, deuxième édition.

Pardé M., 1963, *Fleuves et rivières*, A. Colin, Paris, 224 p.

Pyrce R.S., 2004, "Hydrological low flow indices and their uses", *Watershed Science Centre Report*, No.04-2004, 33 p.

Roche M., 1986, *Dictionnaire français d'hydrologie de surface avec équivalents en anglais, espagnol, allemand*, Masson Editeur, 288 p.

Rochefort M., 1969, *Les fleuves*, Que sais-je ? 125 p.

Saffache P., 2003, *Dictionnaire simplifié de la géographie*, éditions Publibook Université, 345 p.

Tallaksen L.M., Madsen H., Clausen B., 1997, "On the definition and modeling of steamflow drought duration and deficit volume", *Hydrological Journal Sciences*, No.42, 15-33.

Sites Internet :

<http://www.eaufrance.fr/>

<http://www.hydro.eaufrance.fr/>

Notes

1 L'acronyme QMNA est dérivé de « **Q**uantité **M**ensuelle **mi**Nimale **A**nnuelle de fréquence sèche ».

2 World Meteorological Organization

3 Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux

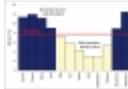
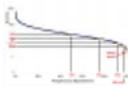
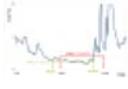
4 Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux

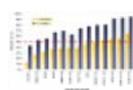
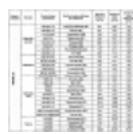
5 Ce débit de référence d'étiage est généralement noté QMNA 5

6 Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, ancienne DIREN

7 Ces différentes mesures sont notamment décrites dans le guide méthodologique du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable : « Mesures exceptionnelles de limitation ou de suspension des usages de l'eau en période de sécheresse », Mars 2005.

List of illustrations

	Title	Figure 1 : Régime hydrologique de la Meurthe à Saint-Dié (1971-2003), d'après les données de la Banque HYDRO
	Caption	Les basses eaux correspondent par définition à la période où le débit du cours d'eau est inférieur à son module
	URL	http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/24827/img-1.jpg
	File	image/jpeg, 56k
	Title	Figure 2 : Courbe des débits classés et débits caractéristiques associés - La Moselle à Epinal (1971-2003), d'après les données de la Banque HYDRO
	URL	http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/24827/img-2.png
	File	image/png, 85k
	Title	Figure 3 : Illustration de la contrainte de l'échelle calendaire associée au QMNA - La Moselotte à Vagney en 1988, d'après les données de la Banque HYDRO
	URL	http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/24827/img-3.png
	File	image/png, 96k
	Title	Figure 4 : Exemple de VCN _d de durées 1, 10 et 30 jours - La Moselle à Epinal en 1976, d'après les données de la Banque HYDRO
	Caption	Pour cette année, les valeurs des VCN ₁ , VCN ₁₀ et VCN ₃₀ étaient respectivement de 2,37 - 2,66 et 3,05 m ³ /s.
	URL	http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/24827/img-4.png
	File	image/png, 39k
	Title	Figure 5 : Rôle du contexte géologique et de l'inertie des bassins versants dans les écarts observés entre les VCN ₃₀ et

		les QMNA - La Moder à Schweighouse (a) et la Moselotte à Vagney (b) (1971-2000), <i>d'après les données de la Banque HYDRO</i>
	URL	http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/24827/img-5.png
	File	image/png, 131k
	Title	Figure 6 : Volumes et durées déficitaires en fonction de différents seuils d'étiage - La Moselle à Epinal en 1976, <i>d'après les données de la Banque HYDRO</i>
	URL	http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/24827/img-6.png
	File	image/png, 41k
	Title	Figure 7 : Similitude entre certains débits fréquentiels d'étiage, <i>d'après les données de la Banque HYDRO</i>
	Caption	Statistique réalisée à partir de 56 bassins versants situés dans le bassin Rhin-Meuse (partie française) - Les débits d'étiage sont ajustés à la loi log normale à 2 paramètres sur la période 1971-2000
	URL	http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/24827/img-7.png
	File	image/png, 421k
	Title	Figure 8 : Débits caractéristiques et sévérité des étiages
	Caption	Les seuils de vigilance, d'alerte, de crise et de crise renforcée correspondent à différents stades inscrits dans le plan cadre sécheresse. Ces seuils sont placés de manière croissante sur la figure mais ne correspondent pas toujours exactement aux débits caractéristiques indiqués en dessous de la droite dans la mesure où ces débits sont définis par les arrêtés cadres interdépartementaux et peuvent donc un peu varier d'un bassin à un autre (cf . IV).
	URL	http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/24827/img-8.png
	File	image/png, 96k
	Title	Figure 9 : Les débits fréquentiels d'étiage comparés aux seuils de 1,5 l/s/km ² (seuil de M. Pardé) et de 3 l/s/km ² , <i>d'après les données de la Banque HYDRO</i>
	Caption	La statistique réalisée sur 56 bassins situés dans le bassin Rhin-Meuse (partie française) indique la part de stations pour laquelle la variable est inférieure au seuil.
	URL	http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/24827/img-9.png
	File	image/png, 148k
	Title	Figure 10 : Volumes totaux (eaux souterraines + eaux superficielles) prélevés par bassin versant en 2001 (en m ³), <i>Rapport RNDE, 2004</i>
	URL	http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/24827/img-10.png
	File	image/png, 346k
	Title	Figure 11 : Délimitation des zones d'alerte et des stations hydrométriques de référence, <i>Arrêté-cadre interdépartemental n° 2008-207</i>
	URL	http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/24827/img-11.png
	File	image/png, 530k
	Title	Tableau 2 : Exemple de débits-seuils fixés dans les bassins de la Moselle et de la Sarre, <i>Arrêté-cadre interdépartemental N° 2008-207</i>
	URL	http://cybergegeo.revues.org/docannexe/image/24827/img-12.png
	File	image/png, 571k

References

Electronic reference

Claire Lang Delus, « Les étiages : définitions hydrologique, statistique et seuils réglementaires », *Cybergeo : European Journal of Geography* [Online], Environment, Nature, Landscape, document 571, Online since 30 November 2011, connection on 20 November 2017. URL : <http://cybergeo.revues.org/24827> ; DOI : 10.4000/cybergeo.24827

This article is cited by

- Canovas, Ingrid. Martin, Philippe. Sauvagnargues, Sophie. (2016) Modélisation heuristique de la criticité des basses eaux en région méditerranéenne. *Physio-Géo*. DOI: 10.4000/physio-geo.4994
 - Garcia, Florine. Folton, Nathalie. Oudin, Ludovic. (2017) Which objective function to calibrate rainfall–runoff models for low-flow index simulations?. *Hydrological Sciences Journal*. DOI: 10.1080/02626667.2017.1308511
 - Lamouroux, N.. Augeard, B.. Baran, P.. Capra, H.. Le Coarer, Y.. Girard, V.. Gouraud, V.. Navarro, L.. Prost, O.. Sagnes, P.. Sauquet, E.. Tissot, L.. (2016) Débits écologiques : la place des modèles d’habitat hydraulique dans une démarche intégrée. *Hydroécologie Appliquée*. DOI: 10.1051/hydro/2016004
-

About the author

Claire Lang Delus
Maître de conférences
Université Nancy II, Laboratoire CERPA
Claire.Delus@univ-nancy2.fr

Copyright

© CNRS-UMR Géographie-cités 8504